



## HEMOFILTRACIÓN VENOVENOSA CONTÍNUA

Santiago Lozano MJ, López-Herce Cid J. UCIP, Hospital General Universitario Gregorio Marañón, Madrid.

Última Revisión: 2010.

### INTRODUCCIÓN

Las técnicas de depuración extrarrenal se basan en el intercambio de solutos y agua entre dos compartimentos separados por una membrana semipermeable. Utilizan mecanismos de difusión (paso de solutos por gradiente de concentración), convección o ultrafiltración (paso de agua y solutos por gradiente de presión) y adsorción (fijación de moléculas a la membrana).

Actualmente las TDEC utilizadas son venovenosas: la sangre atraviesa el circuito empujada por una bomba y pasa por un filtro de baja resistencia que permite la filtración de agua, electrolitos, urea, creatinina y solutos no unidos a proteínas con peso molecular menor de 50.000 daltons. Las proteínas y células sanguíneas no se filtran.

Existen tres modalidades de Técnicas de Depuración Extrarrenal Continua (TDEC):

- Ultrafiltración continua: el agua plasmática y los electrolitos se extraen por mecanismo de convección, sin reponer los mismos. El volumen de ultrafiltración puede regularse con una bomba (bomba del efluente) (figura 1). Se utiliza en pacientes con hipervolemia y/o insuficiencia cardiaca, y en la cirugía cardiaca tras la salida de la bomba extracorpórea (ultrafiltración modificada).

- Hemofiltración continua: se extrae agua y electrolitos por mecanismo de convección.

Una solución de sustitución vuelve a añadir parte o toda el agua y electrolitos



extraídos, antes del paso de la sangre por el filtro (pre-filtro) o después del filtro (post-filtro) (figura 2). Los solutos no deseados no se sustituyen disminuyendo de esta forma su concentración en la sangre del paciente. Se utiliza en pacientes con insuficiencia renal y/o hipervolemia.

- Hemodiafiltración: a la hemofiltración se añade la infusión de líquido de diálisis a contracorriente por la cámara externa del filtro. Además de extraer líquido y solutos por mecanismo de convección lo hace por diálisis (diferencia de concentración) (figura 3). Se utiliza en pacientes con insuficiencia renal, hipercatabolismo, con fallo multiorgánico ó alteraciones electrolíticas severas.

## **INDICACIONES DE LAS TDEC**

Las indicaciones fundamentales pueden resumirse con las letras vocales

**U**-uremia. No existe consenso sobre el valor de urea o creatinina para iniciar la TDEC.

**O**-oliguria y/o hipervolemia. Aunque se ha recomendado su utilización precoz en la hipervolemia y/o oliguria sin fracaso renal no se ha demostrado claramente que mejoren el pronóstico.

**E**-electrolitos: alteraciones electrolíticas severas: hiperkalemia, hipocalcemia, hipercalcemia, hipernatremia, hiponatremia, hipermagnesemia, descompensación de enfermedades metabólicas.

**A**- acidosis metabólica.

**I**- intoxicaciones (ácido acetil salicílico (AAS), litio, alcoholes, aminoglucósidos, teofilina, fenobarbital).

Las técnicas de depuración extrarrenal cada vez se utilizan más en otras indicaciones



como Shock séptico y fallo multiorgánico, insuficiencia cardiaca refractaria a tratamiento médico, síndrome de lisis tumoral y rabdomiolisis, fallo hepático agudo, y Cirugía cardiaca con circulación extracorpórea.

No existe ninguna contraindicación absoluta para la utilización de las TDEC.

## **DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA**

### **MATERIAL**

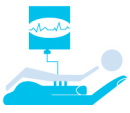
**Vía venosa central:** la vía dependerá de la situación y características del paciente. La vena yugular es la que produce menos trombosis pero es más difícil de fijar y mantener en pacientes no relajados; la vena femoral tiene menor tasa de complicaciones en la canalización pero mayor riesgo de trombosis y de problemas de aspiración y retorno; la vena subclavia es la de mejor fijación y mantenimiento, aunque tiene mayor riesgo de canalización sobre todo en pacientes con coagulopatía.

**Catéteres:** para conseguir un flujo sanguíneo adecuado es necesario utilizar catéteres cortos y de gran calibre: en niños con peso menor de 3-4 kg 2 catéteres de 4 Fr o uno de doble luz de 5,5 Fr; en niños con peso entre 3-4 y 20 kg catéteres de 6,5 - 7 Fr y en mayores de 20 kg, catéteres de 8 a 11 Fr.

Se recomienda colocar una llave de 3 pasos en cada una de las líneas para poder comprobar la permeabilidad del catéter durante la terapia.

**Circuitos:** deben tener el menor volumen de purgado posible para reducir la repercusión hemodinámica. La figura 4 resume los componentes fundamentales del circuito.

**Filtros:** cambian en su composición (polisulfonas, poliacrilonitrilos) y sobre todo la superficie según la edad y el peso del paciente (tabla 1).



**Bombas o monitores de depuración extrarrenal:** los monitores de depuración extrarrenal tienen de 1 a 6 bombas.

- Bomba de sangre que regula el flujo sanguíneo: 10 a 450 ml/min.
- Bomba de infusión del líquido de reposición (también denominado reinyección o sustitución). 100 ml a 8 L/h.
- Bomba de infusión del líquido de diálisis. 100 ml a 8 L/h.
- Bomba para regular el ultrafiltrado (efluente): 10 ml a 10 L/h
- Bomba de infusión de heparina.
- Bomba adicional: para infusión de otro anticoagulante por ejemplo citrato)

**Líquidos de reposición y de diálisis:** el líquido de reposición debe tener una concentración de electrolitos parecida a la sangre con mayor cantidad de bicarbonato: Na 140 mEq/L, Cl 105 mEq/L, Calcio: 3,5 mEq/L, Magnesio: 1,5 mEq/L, lactato o bicarbonato 35 mEq/L y K: 0 a 4 mEq/L, según la concentración de potasio sérico.

Existen líquidos específicos de reposición y diálisis para TDEC. En caso de necesidad el líquido de reposición se puede preparar en la UCIP con suero salino: 685 ml, bicarbonato 1 M: 35 ml, gluconato cálcico 10 %: 7 ml, ClK 2 M: 2 ml, sulfato magnésico 15 % 1,3 ml, glucosa 50 %: 2,5 ml y agua destilada, 265 ml.

En los pacientes con shock u otras patologías que produzcan hiperlactacidemia es preferible utilizar un líquido en que se sustituya el lactato por bicarbonato.

- Bicarbonato y calcio: la administración conjunta de bicarbonato y calcio puede dar lugar a precipitación de la solución. Para solucionar este problema existen líquidos que mezclan el calcio y el bicarbonato en el momento de usarse. También puede



administrarse el calcio en bolos intravenosos o el bicarbonato en perfusión intravenosa o usar líquidos con acetato, citrato o lactato en vez de bicarbonato.

- Fosfato: como los líquidos de reposición y diálisis no tienen fosfato es frecuente que durante la TDEC se produzca hipofosfatemia. Para evitarlo se puede añadir tanto en el líquido de reposición como en el de diálisis 0,8 ml de fosfato monosódico por litro.

El líquido de reposición se puede administrar antes del filtro, lo que diluye la sangre y disminuye el riesgo de coagulación, aunque reduce ligeramente la eficacia al diluir las sustancias que se quieren depurar ya que parte del ultrafiltrado es líquido de reposición, o después del filtro.

### **FUNCIONAMIENTO: Inicio de la técnica:**

1º. Canalizar las vías.

2º. Purgar el circuito con 1-2 litros de suero salino heparinizado (5.000 UI/L), comprobando cuidadosamente que no queden burbujas de aire en el filtro y circuito. Seguir las instrucciones del monitor de depuración utilizado.

3º. Valorar el tipo de conexión y la necesidad de un cebado complementario:

Existen dos tipos de conexión en función del destino del líquido de cebado del circuito: desechando el líquido (se produce una disminución de la volemia más importante cuanto más pequeño sea el niño) o administrándoselo al paciente. Tener en cuenta que el purgado heparinizado contiene una importante cantidad de heparina.

En neonatos y lactantes pequeños tras el purgado con suero salino heparinizado se puede cebar el circuito con sangre, plasma, albúmina al 5 % o coloide sintético para poder administrar este purgado y evitar la hipovolemia brusca al conectarle.



4º Conectar el lado arterial al paciente (o ambos lados si se decide no desechar el purgado) y dejar que la sangre del paciente vaya llenando el circuito y el filtro. Se puede programar un flujo de sangre bajo durante los primeros minutos y, si el paciente lo tolera hemodinámicamente, aumentar progresivamente hasta alcanzar el flujo de sangre deseado.

5º En caso de anticoagulación con heparina: administrar el bolo de heparina prefiltro en el momento que se llene de sangre de la conexión e iniciar la perfusión continua.

5º Cuando la sangre esté llegando al extremo venoso conectar éste al paciente (si se estaba desechando el purgado).

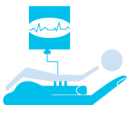
6º Programar el flujo de líquido de reposición, diálisis, flujo de ultrafiltrado y/o balance de líquidos. Se puede iniciar la técnica con balance neutro e ir aumentando de forma progresiva el volumen de ultrafiltrado de acuerdo a la tolerancia hemodinámica.

**Flujo de sangre:** entre 3 y 10 ml/kg/min, hasta un máximo de 180 ml/min según la tolerancia del niño y el calibre de las vías y la superficie del filtro.

**Ultrafiltrado:** los monitores de TDEC venovenosa regulan con una bomba el volumen líquido ultrafiltrado, y miden e informan continuamente el volumen de ultrafiltrado y el balance de entradas y salidas.

**Flujo líquido de reposición o reinyección:** habitualmente se utilizan flujos entre 20-30 ml/kg/h. En caso de reposición post-filtro se recomienda que el flujo de reinyección no sea >20% flujo sanguíneo (riesgo de coagulación del filtro). No existe evidencia que la ultrafiltración de alto volumen (>35 ml/kg/h) mejore el pronóstico.

**Diálisis:** se debe usar diálisis (hemodiafiltración) siempre que la hemofiltración no sea suficiente para depurar los solutos. Se utilizan flujos de diálisis entre 100 y 1.500 ml/h



según la edad y peso del paciente, el filtro utilizado y los niveles sanguíneos de urea y creatinina. Algunos autores recomiendan utilizar siempre hemodiafiltración porque puede aumentar la duración de los filtros y en algunos estudios se ha relacionado con un mejor pronóstico.

**Anticoagulación:** se realiza generalmente con heparina, administrada previa al filtro.

- Un bolo de 20 a 50 U/kg/iv al conectar al paciente.
- Una perfusión a 5-20 U/kg/h.

La anticoagulación se controla mediante el tiempo de coagulación activado (ACT) postfiltro que debe estar entre 180-200 s o el TTPA (tiempo de tromboplastina activado) entre 1,5 y 2 veces el control. En general a menor flujo sanguíneo mayor necesidad de heparinización.

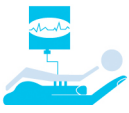
Alternativas a la heparina:

- Citrato: se basa en la capacidad del citrato de quelar el calcio iónico impidiendo la activación de la cascada de la coagulación. Se precisa conseguir una concentración de citrato entre 3 a 6 mmol/L para mantener un calcio iónico postfiltro <0,35 mmol/L o ACT > 200 s. La anticoagulación es regional (sólo en el circuito) y posteriormente se administra calcio por otra vía o en el retorno del filtro al paciente para antagonizar el efecto. La dosis de citrato se calcula mediante la fórmula:

Dosis de citrato = Flujo de citrato x concentración de citrato/flujo de sangre programado

*(Flujo de citrato en ml/min; Concentración en mmol/L; Flujo de sangre en ml/min).*

El citrato consigue una duración de los filtros igual o mayor que la heparina con menor riesgo de sangrado pero precisa un control cuidadoso de los niveles de calcio iónico,



una línea prefiltro para su administración y otra postfiltro o en el paciente para infusión de calcio y utilizar líquidos de reposición sin calcio. Como complicaciones puede producir alcalosis metabólica, hipocalcemia e hipernatremia.

- Heparina de bajo peso molecular: es difícil regular la dosis necesaria para evitar la coagulación del filtro ya que se puede realizar control de anti-Xa de urgencia.
- Neutralización de la heparina mediante administración de protamina postfiltro. Es complicada de regular.
- No administrar heparina y realizar lavados periódicos del circuito con bolos de suero salino. Produce menos riesgo de sangrado pero los filtros se coagulan más.

**Balance hídrico:** se debe programar el balance negativo deseado y realizar un cuidadoso balance horario de entradas y salidas.

**Cambio de filtro:** los filtros se pueden cambiar de forma programada cada 24-72 h o cuando haya signos de coagulación del filtro (aumento de la presión transmembrana y presión de caída del filtro). Los cambios programados permiten elegir la mejor hora para realizarlos y reinfundir la sangre del circuito al paciente, pero suponen mayor trabajo de enfermería y gasto ya que en general suponen un cambio más frecuente de filtros.

**Control de la temperatura:** las TDEC producen hipotermia. Para evitarla se pueden utilizar sistemas externos (cunas térmicas, mantas), sistemas de calentamiento de la sangre y calentar los líquidos de reposición y/o diálisis. Algunos monitores de depuración extrarrenal tienen un sistema de calentamiento incorporado.

## **MONITORIZACIÓN, CONTROLES Y ALARMAS**





- Monitorización: FC, FR, ECG, TA invasiva, PVC, temperatura. balance de líquidos horario, exploración de signos del estado de hidratación.
- Controles periódicos según el estado del paciente y el funcionamiento de la técnica de: equilibrio ácido base, electrolitos (Na, K, Cl, Ca, calcio iónico, P, y magnesio) hemograma, función renal, albúmina y estudio de coagulación.
- Control de la anticoagulación según el tiempo de coagulación activado postfiltro.
- Vigilar la presencia de coágulos y burbujas de aire en el circuito. Manipulación cuidadosa para evitar desconexiones y contaminación.
- Controles y alarmas de los monitores de TDEC
  - Presión arterial o de entrada: mide y avisa de los problemas para extraer la sangre del paciente (coagulación, acodamiento, mala posición del catéter o el circuito).
  - Presión venosa o de retorno: mide y avisa de los problemas para retornar la sangre al paciente (coagulación, acodamiento, mala posición del catéter o el circuito, o coágulos en la cámara cazaburbujas).
  - Presión de caída del filtro: es la diferencia entre la presión previa al filtro y la presión de retorno. Aumenta cuando el filtro se va coagulando o cuando el flujo sanguíneo y/o volumen de reposición son excesivos para el tamaño del filtro.
  - Presión transmembrana: mide la presión que soporta la membrana del filtro. Aumenta cuando el filtro se va coagulando, cuando los poros de la membrana están saturados o cuando se le está exigiendo al filtro un volumen de ultrafiltrado mayor del que puede conseguir con el flujo de sangre programado.
  - Presión y volumen de ultrafiltrado: mide y avisa de la presión necesaria para extraer líquido e indirectamente de la coagulación del filtro.

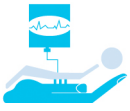


La disminución del volumen de ultrafiltrado o la existencia de aire en la línea del ultrafiltrado es un signo de que el filtro se está coagulando y hay que cambiar el filtro.

- Aire en el circuito: avisa, para automáticamente la bomba y cierra el paso de sangre al paciente, cuando existe aire en el circuito venoso o en la cámara cazaburbujas.
- Sangre en ultrafiltrado: avisa de la presencia de sangre en el líquido ultrafiltrado por rotura de microfibrillas. Da falsas alarmas con la presencia de aire u otras sustancias (bilirrubina) que colorean el ultrafiltrado.

## **FÁRMACOS Y TÉCNICAS DE DEPURACION EXTRARRENAL CONTINUA**

La mayoría de los fármacos tienen un peso molecular bajo  $< 1.000$  daltons y atraviesan la membrana del filtro. La dosificación de fármacos en pacientes con TDEC debería realizarse según la unión del fármaco a proteínas, su volumen de distribución, la capacidad de aclaramiento del filtro, la utilización o no de diálisis y su flujo, y el volumen de ultrafiltrado. Se recomienda administrar la dosis de carga normal y establecer el intervalo según el volumen de ultrafiltrado, asumiendo que, en general, el volumen de ultrafiltrado en ml/min es igual al aclaramiento del fármaco. En la práctica se considera que el aclaramiento con las TDEC está entre un 10 a 50 ml/min y con esta estimación se ajustan los intervalos de administración. Sin embargo, en los fármacos con un rango terapéutico estrecho, como los aminoglucósidos, es necesario la determinación de su concentración en sangre.



## COMPLICACIONES

### - Técnicas:

- Mal funcionamiento del acceso vascular (succión de la pared del vaso alrededor del catéter, acodamiento, coagulación). Si se sospecha un problema de la vía se puede poner a recircular en el circuito, mientras se soluciona.
- Coagulación del circuito y/o del filtro: debido a flujo sanguíneo bajo, interrupciones frecuentes del funcionamiento, aire en el filtro o anticoagulación insuficiente.
- Desconexión con sangrado.
- Embolia aérea.

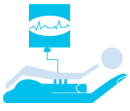
### - Clínicas

- Hemorragia: al canalizar la vía, por desconexión accidental, por trombopenia por consumo en el filtro o por efecto de la heparina.
- Trombosis.
- Hipovolemia en la conexión.
- Anemia por cambios repetidos de filtros.
- Alteraciones en el balance hídrico (hipo o hipervolemia) o en los electrolitos por errores en el balance.
- Hipotermia: más frecuente en los lactantes y niños pequeños y cuanto mayor sea el flujo sanguíneo y el volumen de ultrafiltrado.
- Infección.

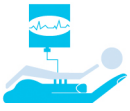


## BIBLIOGRAFÍA

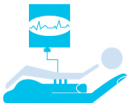
1. Uchino S, Bellomo R, Morimatsu H, et al. Continuous renal replacement therapy: A worldwide practice survey. *Intensive Care Med* 2007;33:1563-70.
2. Palevsky PM. Timing and dose of continuous renal replacement therapy in acute kidney injury. *Critical Care* 2007;11:232.
3. Symons JM, Chua AN, Somers MJ et al. Demographic characteristics of pediatric continuous renal replacement therapy: a report of the prospective pediatric continuous renal replacement therapy registry. *Clin J Am Soc Nephrol*. 2007;2:732-8.
4. Hackbarth R, Bunchman TE, Chua AN et al. The effect of vascular access location and size on circuit survival in pediatric continuous renal replacement therapy: A report from the PPCRRT registry. *Int J Artif Organs*. 2007;30:1116-21
5. The VA/NIH acute renal failure trial network. Intensity of renal support in critically ill patients with acute kidney injury. *New Engl J Med* 2008;359:7-20.
6. Busun R, Koukline V, Utrobin U, et al. Plasmapheresis in severe sepsis and septic shock: a prospective, randomised, controlled trial. *Intensive Care Med* 2002;28:1434-9.
7. Goldstein SL, Somers MJ, Baum MA et al. Pediatric patients with multi-organ dysfunction syndrome receiving continuous renal replacement therapy. *Kidney Int*. 2005;67:653-8.
8. Del Castillo J, López-Herce J, Cidoncha E, Urbano J, Mencía S, Santiago MJ et al. Circuit life span in critically ill children on continuous renal replacement treatment: a prospective observational evaluation study. *Critical Care* 2008,12:R93
9. Santiago MJ, López-Herce J, Urbano J, Solana MJ, del Castillo J, Ballesteros Y, Botrán M, Bellón JM. Complications of continuous renal replacement therapy in critically ill children: a prospective observational evaluation study. *Critical Care* 2009,13:R184



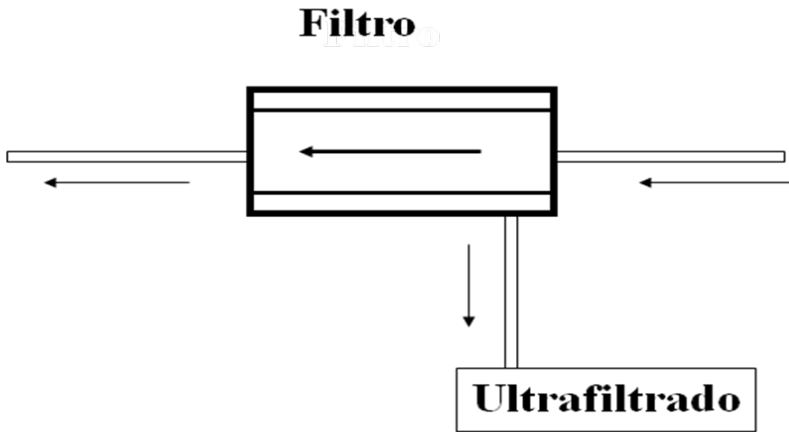
10. Santiago MJ, López-Herce J, Urbano J, Bellón JM, Castillo JD, Carrillo A. Hypophosphatemia and phosphate supplementation during continuous renal replacement therapy in children. *Kidney Int.* 2009; 75: 312-6.

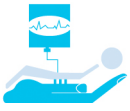
**TABLA 1. INDICACIONES DE FILTROS SEGÚN EL PESO DEL PACIENTE**

<b>SUPERFICIE</b>	<b>VOLUMEN DE CEBADO</b>	<b>PESO</b>
0,015 -0,08 m <sup>2</sup>	6 – 15 ml	< 4 kg
0,2 -0,3 m <sup>2</sup>	15 -38 ml	3-20 kg
0,5 -0,7 m <sup>2</sup>	39 -54 ml	20 -40 kg
0,9 -1,2 m <sup>2</sup>	66-73 ml	30-70 kg
1,9 m <sup>2</sup>	109 ml	> 50 kg

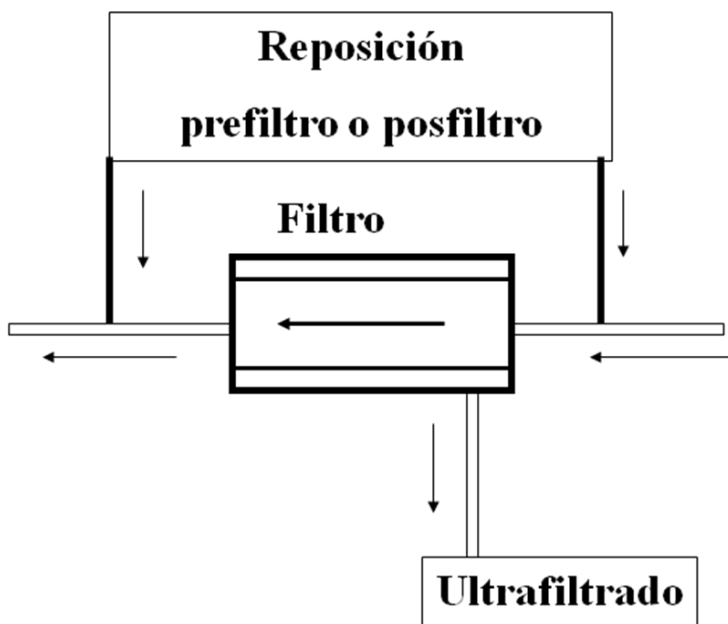


**FIGURA 1. ULTRAFILTRACIÓN CONTINUA.**

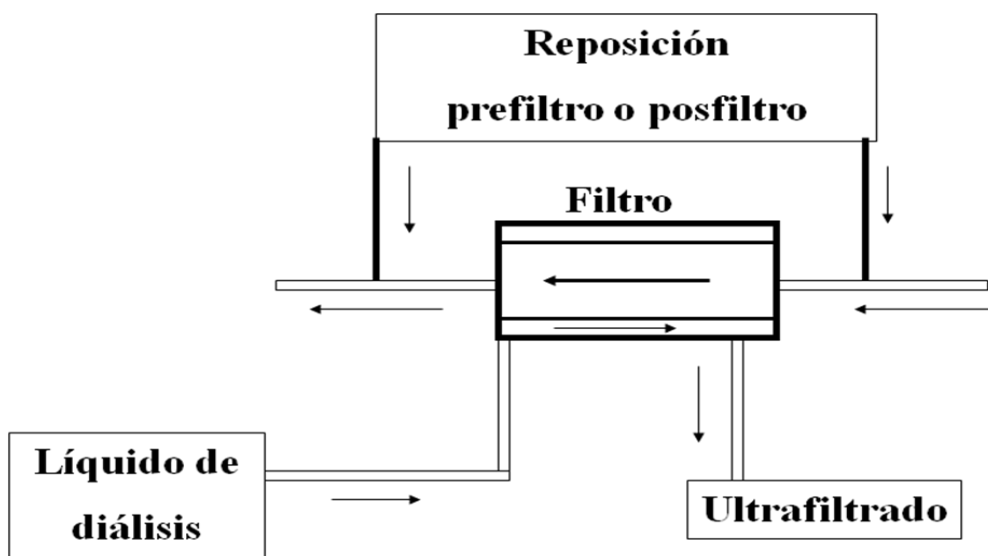




**FIGURA 2. HEMOFILTRACIÓN CONTINUA.**





**FIGURA 3. HEMODIAFILTRACIÓN CONTINUA.**

**FIGURA 4. ESQUEMA DEL CIRCUITO DE HEMODIAFILTRACIÓN VENOVENOSA CONTINUA.**

